

7 CONCLUSIONES.

7.1. CONCLUSIONES.

7.2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA.

7.1. CONCLUSIONES

En la presente tesis se ha analizado si el contrato de Futuro sobre el Bono Nocional a 10 años presentaba un comportamiento que se pudiera considerar caótico. En caso de producirse este comportamiento, la evolución del mercado vendría explicada por su pasado. Resultaría entonces posible conocer qué es lo que va a suceder, al menos a muy corto plazo y por ello no podríamos hablar de un mercado eficiente, en el horizonte temporal para el que tenemos cierta capacidad de predicción.

La importancia del estudio de los comportamientos caóticos en variables financieras es que nos va a permitir discernir si el mercado financiero en el que se negocia el correspondiente activo es eficiente -no se detecta caos- o si, por el contrario, observamos dos comportamientos distintos: uno a muy corto plazo, no eficiente, provocado por la dinámica caótica, y otro a medio y largo plazo que sí es eficiente debido a la sensibilidad a las condiciones iniciales del sistema caótico.

El análisis del contrato de Futuro dentro del mercado (MEFF) lo hemos llevado a cabo partiendo de un sistema dinámico en el que incluimos como variables la rentabilidad, el riesgo y la liquidez del activo. Un sistema dinámico continuo con tres

ecuaciones como ése, si es no lineal, cumple todos los requisitos para generar comportamientos caóticos.

El modelo propuesto es una generalización de modelos anteriores en el sentido de que se ha añadido la variable liquidez y, además, no necesita incorporar ninguna variable aleatoria para generar las evoluciones irregulares de los precios que se consideran típicas de los mercados financieros.

Las características que va a tener el sistema propuesto serán las que definen un sistema caótico, que adaptado a un mercado financiero van a ser las siguientes: a pesar de ser un sistema determinista a partir de un determinado horizonte temporal, su comportamiento es impredecible, y es por ello, coherente con la hipótesis de mercado eficiente. Aparecen pautas en el mercado que van a ser muy similares a situaciones que ya se habían dado antes.

Los estudios de comportamientos caóticos en mercados financieros hechos hasta la fecha se han llevado a cabo con datos de frecuencia diaria. En un día de mercado se pueden cruzar más de 5000 operaciones en un solo activo. Los comportamientos caóticos se desvanecen cuando la periodicidad entre observación y observación pasa de 200 veces la periodicidad usada en la generación de la serie. En estas condiciones resulta muy complicado encontrar comportamientos caóticos con cotizaciones diarias, aunque este comportamiento exista. Precisamente esto es lo que les sucede a las investigaciones hechas sobre series de cotizaciones diarias. Por tanto, el uso de series diarias no es correcto si lo que buscamos es detectar la existencia de comportamientos

caóticos. En el pasado la imposibilidad de hacerse con series de menor frecuencia era una barrera, pero en la actualidad las series de alta frecuencia están disponibles, y cualquier estudio de caos, como el que hemos realizado, debe partir de la frecuencia más corta posible.

Las series con frecuencia operación a operación, a pesar de representar periodicidades variables, resultan adecuadas para estudios de series temporales. Dichas series pueden ser consideradas como el resultado de utilizar una sección de Poincaré sobre un sistema continuo. La sección de Poincaré genera una serie discreta a partir de un sistema continuo como el que nosotros habíamos propuesto. Esta serie no tiene por qué tener períodos constantes, sino que cada observación se toma cuando sucede algo concreto en el sistema. Para obtener una serie con frecuencia operación a operación basta con considerar como sección de Poincaré el que se iguale el precio de oferta y el precio de demanda. Cada vez que eso suceda, se produce una compraventa y tomamos una observación.

Los posibles comportamientos caóticos del sistema original también se reflejan en comportamientos caóticos en la sección de Poincaré. La serie no pierde significado pues la diferencia de logaritmos de los precios va a ser la rentabilidad instantánea por la duración de la operación. La ventaja de las series de operación a operación radica en que la frecuencia de observación es la misma que la de la generación de la serie, y al no haber pasado por ningún proceso de agregación, se conserva el máximo posible de información.

No obstante, como nos interesó investigar si la periodicidad no constante influye en los resultados, hemos procedido a construir series con intervalos constantes. A este respecto, hemos considerado que cinco minutos es el período mínimo constante al que podemos agregar los datos obtenidos operación a operación. Esta agregación supone, aproximadamente, sacar un valor de la serie por cada 60 operaciones de compraventa del contrato de Futuro. El significado de la serie de diferencia de logaritmos de los precios va a ser la rentabilidad que proporciona el activo en cinco minutos. Evidentemente para una frecuencia tan corta las rentabilidades van a estar muy próximas a cero, como sucederá con las series sin agregar. La comparación entre los resultados obtenidos entre las series de cinco minutos y las de operación a operación sirve como medida de la pérdida de información producida por la agregación de los datos.

Para estudiar la liquidez del activo hemos construido series que hemos denominado de duración de operaciones. Los datos representan el tiempo transcurrido entre una compraventa del contrato de Futuro y la siguiente. Las duraciones de operaciones resultan una alternativa adecuada al estudio de la liquidez de muchos mercados, pues es una información más accesible que otras como la diferencia entre los precios de compra y de venta, que requieren conocer no sólo las operaciones que se cruzan en el mercado, sino la situación de la oferta y la demanda del mercado en cada momento. Las duraciones de operaciones proporcionan información sobre la facilidad para encontrar un comprador del activo estudiado de manera que la liquidez será mayor para duraciones más cortas, y menor para duraciones más largas. Las series de duraciones de operaciones tienen evidentemente una periodicidad que no es constante

(vamos a tener una observación de la duración en el mismo momento que tengamos una de los precios). Para obtener la rentabilidad del contrato a partir de las series de rendimientos operación a operación, tendríamos que dividir la diferencia de logaritmos entre las duraciones.

A continuación se relacionan las principales conclusiones que se desprenden de la investigación realizada:

1) Modelos de tipo ARMA(1,1) resultan adecuados para las series de rendimientos operación a operación, lo que indica que **el mercado MEFF no es eficiente, por lo menos en dicha frecuencia.** En el caso de las series con frecuencia de cinco minutos, los modelos que consideramos más apropiados son ARMA(0,0) para los vencimientos de junio y septiembre de 1998, y ARMA(0,1) para marzo y diciembre de 1998 si bien, en este último caso, después de añadir una variable artificial para recoger la brusca caída acaecida el 9 de octubre de 1998 y no atribuible a factores internos de la evolución normal del mercado. En consecuencia, **cuando las observaciones se toman cada cinco minutos, existen vencimientos en que el mercado puede considerarse eficiente y, en otros, no.**

2) Las volatilidades de las series de rendimientos no son constantes, ni para la frecuencia de observación a observación ni para la frecuencia de cinco minutos. Hemos comprobado que resulta factible la modelización de las volatilidades mediante modelos de tipo GARCH(1,1) en todos los vencimientos y para las dos frecuencias consideradas. Al estimarlos se ha encontrado, en el caso de las series de cinco minutos, que no es posible rechazar la hipótesis de integración en las varianzas, no obstante, este resultado

es muy dependiente de la presencia de valores extremos en la serie de rendimientos, de manera que, ampliando la ecuación de la media con el correspondiente análisis de intervención, los modelos para la varianza condicional pasan a ser estacionarios. Otro resultado de interés es que **la volatilidad influye en la rentabilidad del activo por lo que resulta adecuado el uso de modelos GARCH-M** en todas las series de operación a operación y en el vencimiento de diciembre, en la de cinco minutos.

3) **Las series de duraciones presentan memoria a largo plazo** por lo que el modelo más adecuado para su estudio son los modelos ARFIMA.

4) La representación gráfica de las series de rendimientos estudiadas tiene forma de rejilla. La explicación de dicha estructura es la existencia de un valor mínimo de la variación de los precios (“tick size”). Esta estructura se pasa por alto cuando las series que se estudian son índices o cuando el número de puntos utilizados es muy bajo, pero es clara en las series que se refieren a un solo activo financiero, como es nuestro caso del contrato de Futuro sobre el Bono Nocional a 10 años para un vencimiento concreto. Esta estructura hace que los puntos se distribuyan por todo el espacio disponible dificultando cualquier análisis de búsqueda de comportamiento caótico que intentemos hacer.

También en las series de los residuos ARMA encontramos una estructura que se repite a distintas escalas, y que por tanto es un fractal. Para los residuos de los modelos GARCH encontramos estructuras con forma de radios que escapan del centro. La conclusión de todo esto es que **el uso de un filtro sobre la series de rendimientos**

originales no sólo es necesario para eliminar dependencias no procedentes de comportamientos caóticos, sino para poder estudiar la estructura del sistema.

5) **La dimensión de correlación muestra que la presencia de comportamientos no lineales parece confirmada para las series con frecuencia operación a operación**, tanto las de rendimientos como las de duraciones de operaciones. **Ni los modelos ARMA, GARCH, GARCH-M o EGARCH en las series de rendimientos, ni los ARFIMA en las de duraciones parecen capaces de recoger todas las no linealidades que pudiera haber en las series.** Los resultados en las frecuencias de cinco minutos son menos claros, y no permitirían dar una respuesta afirmativa a la presencia de no linealidades. Es un indicio de que la agregación de la información está ocultando las no linealidades, y añadiendo ruido adicional a la serie. A medida que aumentemos la periodicidad esta pérdida de información se va ir acentuando.

6) Para corroborar los resultados anteriores hemos procedido a contrastar la hipótesis de independencia con el estadístico BDS del que conocemos su función de distribución. De los resultados obtenidos podemos concluir que para todas las series (de rendimientos operación a operación y cinco minutos, de duraciones de operaciones y de los residuos sobre ellas) se rechaza la hipótesis de independencia.

7) Por último se ha procedido a estimar distintos modelos no lineales (polinomios, funciones de base radial, redes neuronales y vecinos próximos) para probar su capacidad predictiva y compararla con la de los modelos ARIMA. De este análisis

podemos concluir que **los modelos no lineales predicen mejor que los modelos ARIMA en todos los casos** Como cabía esperar dado el resultado apuntado en el apartado 6 anterior. **Los modelos no lineales tienen parecida capacidad predictiva entre sí, para las series con frecuencia de cinco minutos.** Sin embargo, **en las series con frecuencia operación a operación se consiguen mejores predicciones usando modelos de redes neuronales artificiales.** En todos los casos la mejora es reducida en los vencimientos de junio y septiembre de 1998 pero es muy significativa en los vencimientos de marzo y diciembre.

7.2. LINEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA.

Por último, en este apartado relacionamos algunas posible extensiones del trabajo realizado que nos surgen a partir de los resultados obtenidos en nuestra investigación:

1. Búsqueda de modelos de microestructura de mercados, especialmente en lo que se refiere a las consecuencias de la existencia de un valor mínimo en las variaciones de la serie y de los residuos que se obtienen de los distintos modelos usados para filtrar las series.
2. El análisis técnico se basa en la suposición de que el comportamiento pasado de un activo contiene información que permita establecer un conjunto de reglas para operar en el mercado. Otra posible línea de investigación futura sería encontrar si las herramientas habituales del análisis técnico son

compatibles con un mercado cuya microestructura corresponda a la de un sistema con comportamiento caótico.

3. Dada la condición de derivado que tiene el contrato de Futuro sobre el Bono Nocional a 10 años, debe existir una relación clara entre el comportamiento del contrato de Futuro y la Obligación del Estado a 10 años. El análisis conjunto Futuro - contado ofrece amplias posibilidades para saber, por ejemplo, cuál determina a cuál. Si los cambios en uno de ellos son tomados como innovaciones en el otro mercado o si existe una única microestructura que englobe a ambos activos.
4. Una alternativa al modelo de rentabilidad, volatilidad y liquidez que hemos utilizado como posible generador del comportamiento de un activo, consistiría en utilizar como variables a los individuos que participan en el mercado, tomando entonces el sistema como si fuera un sistema evolutivo, tal y como proponen Farmer y Lo¹.
5. Una nueva rama de la teoría del caos, conocida como control del caos, se está empezando a desarrollar en el campo de la ingeniería a partir de los trabajos de autores como Ott o Grebogi². Según esta rama, si tenemos el conocimiento suficiente sobre el sistema caótico podemos modificar su

¹ Bak, Paczuski y Shubik, 1997; Caldarelli, Marsili y Zhang, 1997; Farmer y Lo, 1999.

² Romeiras, Grebogi, Ott y Dayawansa, 1992; Shinbrot, Grebogi, Ott y Yorke, 1992; Dorning, Decker y Holloway, 1992; Auerbach, Grebogi, Ott y Yorke, 1992; Nitsche y Dressler, 1992; Hayes, Grebogi y Ott, 1993; Shinbrot, Grebogi, Ott y Yorke, 1993; Ott y Spano, 1995; Ding, Yang, In, Ditto, Spano y Gluckman, 1996.

comportamiento aprovechando la sensibilidad a las condiciones iniciales. El escaso grado de conocimiento que tenemos aún sobre la dinámica interna de los mercados impide llegar a este nivel. De todas formas, resultaría interesante conocer las consecuencias que podría tener sobre un mercado la realización de pequeñas operaciones, si tuviéramos el conocimiento necesario sobre la dinámica interna.